

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-296521

(43)Date of publication of application : 09.10.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G03B 21/00

G03B 21/14

(21)Application number : 2001-102478

(71)Applicant : RICOH CO LTD

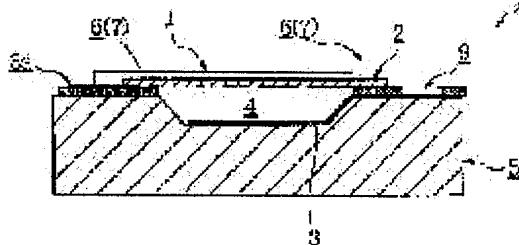
(22)Date of filing : 30.03.2001

(72)Inventor : OTAKA KOICHI

(54) OPTICAL MODULATOR AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME, IMAGE FORMING APPARATUS HAVING THE OPTICAL MODULATOR, AND IMAGE PROJECTION DISPLAY DEVICE HAVING THE OPTICAL MODULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical modulator which has a simple structure for changing the reflection direction of incident light to carry out an optical modulation and a fast response, is not restricted in an incidence optical wavelength to be used, driven by a low voltage, operated stably and reliably, and manufactured with reduced processes thereby at a low cost, and to provide a method for manufacturing the optical modulator, an image forming apparatus having the optical modulator, and an image projection display device having the optical modulator.



SOLUTION: The optical modulator is composed of a reflection means 1 to regularly reflect incident light, a

thin film beam 2 fixed at both ends which are formed of a thin film by combining a reflection means on the side surface, and are fixed at both ends and are deformed by electrostatic force, a substrate electrode 3 which is opposed to the other side surface of the thin film beam 2 fixed at both ends and applies a driving voltage, a space 4 formed by the substrate electrode and the thin film beam 2 fixed at both ends, a substrate 5 in which the substrate electrode is formed on the bottom of the space, and a divided fixing part 6 which is held and fixed by the substrate and in which the fixing part of the thin film beam 2 fixed at both ends is divided.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-296521

(P2002-296521A)

(43) 公開日 平成14年10月9日 (2002.10.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	J 2 H 0 4 1
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	D
21/14		21/14	Z

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-102478(P2001-102478)

(22) 出願日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 大高 剛一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

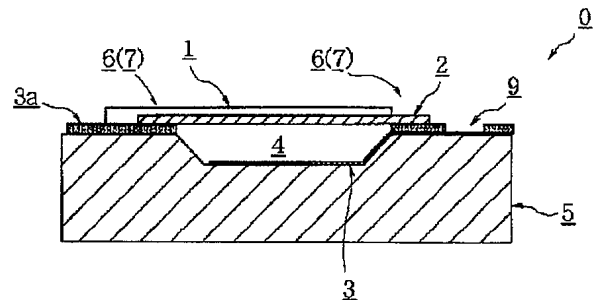
Fターム(参考) 2H041 AA16 AB38 AC06 AZ02 AZ08

(54) 【発明の名称】 光変調装置及びその光変調装置の製造方法並びにその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置

(57) 【要約】

【課題】 入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置及びその光変調装置の製造方法並びにその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置を提供する。

【解決手段】 入射光を正反射する反射手段1と、反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁2と、薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極3と、基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙4と、空隙の底部に基板電極を形成した基板5と、基板が保持して固定する薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部6とからなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置において、入射光を正反射する反射手段と、上記反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁と、上記薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と、上記基板電極と上記薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙と、上記空隙の底部に上記基板電極を形成した基板と、上記基板が保持して固定する上記薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部とからなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光変調装置において、反射手段は、金属薄膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、単結晶シリコン薄膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、多結晶シリコン薄膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 5】 請求項 1 又は 2 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、アモルファスシリコン薄膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 6】 請求項 1 又は 2 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、窒化シリコン薄膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 7】 請求項 1、2、3、4、5 又は 6 に記載の光変調装置において、分割固定部は、薄膜両端固定梁のコーナ部に形成したことを特徴とする光変調装置。

【請求項 8】 請求項 1、2、3、4、5、6 又は 7 に記載の光変調装置において、分割固定部は、薄膜両端固定梁と滑らか形状部で接続することを特徴とする光変調装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の光変調装置において、滑らか形状部は、円弧の一部形状又は長円弧の一部形状からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 10】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8 又は 9 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は非平行であることを特徴とする光変調装置。

【請求項 11】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9 又は 10 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、基板電極の駆動電圧の印加による静電力での変形時に、一部又は全部が基板上に形成された空隙の底部に当接することを特徴とする光変調装置。

【請求項 12】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 又は 11 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、基板上の接触面の両方又はそれらの少なくとも一方は表面が疎水性であることを特徴とする光変調装置。

【請求項 13】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 又は 12 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は、上記薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有することを特徴とする光変調装置。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有する空隙は、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって対称的な形状であることを特徴とする光変調装置。

【請求項 15】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 又は 14 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板は、直線形状部からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 16】 請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 又は 14 に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板の一部又は全部は、凸形状部からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 17】 請求項 1 乃至 16 の何れか一項に記載の光変調装置において、基板は、単結晶シリコンからなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 18】 請求項 1 乃至 16 の何れか一項に記載の光変調装置において、基板は、光学ガラスからなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 19】 請求項 18 に記載の光変調装置において、基板電極は、透明導電膜からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 20】 請求項 1 乃至 19 の何れか一項に記載の光変調装置において、複数の光変調装置を 1 次元アレー形状に配列したことを特徴とする光変調装置。

【請求項 21】 請求項 20 に記載の光変調装置において、1 次元アレー形状 (0a) は、両端に基板電極と外部の信号とのコンタクト部分となる開口部からなることを特徴とする光変調装置。

【請求項 22】 請求項 1 乃至 19 の何れか一項に記載の光変調装置において、複数の光変調装置を 2 次元アレー形状に配列したことを特徴とする光変調装置。

【請求項 23】 請求項 22 に記載の光変調装置において、2 次元アレー形状は、基板電極は、基板の層間絶縁膜を貫通して基板シリコンウエハー内で駆動信号ラインと接続したことを特徴とする光変調装置。

【請求項 24】 入射光の反射方向を変えて光変調を行う請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置の製造方法において、基板上に薄膜両端固定梁と基板電極が対応して形成される空隙を形成した後に、犠牲材料からなる犠牲材料層を形成して上記基板上を平坦化して、

上記薄膜両端固定梁と分割固定部を形成後に、上記犠牲材料層を除去して光変調装置を製造することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項25】 請求項24に記載の光変調装置の製造方法において、基板上に薄膜形成方法又は微細加工方法により薄膜両端固定梁と基板電極とが対向して形成される空隙を形成する空隙形成工程と、上記基板上の空隙の底部に基板電極の全部又は一部を形成する基板電極形成工程と、上記基板上の上記空隙に犠牲材料からなる犠牲材料層を形成した後に研磨して平坦化する犠牲材料層形成工程と、上記犠牲材料層上に薄膜両端固定梁と分割固定部を形成する薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程と、上記空隙内の上記犠牲材料層を除去する犠牲材料層除去工程と、上記基板電極の外部接続用の開口部を形成する開口部形成工程とからなることを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項26】 電子写真プロセスで光書き込みを行なって画像を形成する画像形成装置において、回動可能に保持されて形成画像を担持する画像担持体と、上記画像担持体上に光書き込みを行なって潜像を形成する請求項1乃至23の何れか一項に記載の光変調装置からなる潜像形成手段と、上記潜像形成手段の上記光変調装置によって形成された潜像を顕像化してトナー画像を形成する現像手段と、上記現像手段で形成されたトナー画像を被転写体に転写する転写手段とからなることを特徴とする画像形成装置。

【請求項27】 画像を投影して表示する画像投影表示装置において、画像投影データの入射光の反射方向を変えて光変調を行なって画像を投影して表示する請求項1乃至23の何れか一項に記載の光変調装置からなる光スイッチ手段と、上記光スイッチ手段の上記光変調装置が投影する画像を表示する投影スクリーンとからなることを特徴とする画像投影表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光変調装置及びその光変調装置の製造方法並びにその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置に関し、詳しくは、入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置及びその光変調装置の製造方法並びにその光変調装置を具備する電子写真プロセスで光書き込みを行なって画像を形成する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像を投影して表示する画像投影表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】静電力を利用した光スイッチデバイスの入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置は、電子写真プロセスで光書き込みを行なって画像を形成する画像形成装置、画像を投影して表示する画像投影表示装置等に使用されている。静電力を利用した光スイッチ

デバイスの入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置では、片持ち梁を静電力で撓ませて、入射光の反射方向を変えてスイッチするデバイス、及び、それを用いた光変調システムは、既に公知である。片持ち梁は、静電力が解放されて梁の撓みが回復するときに振動する。これは、梁の一端のみが固定されていることによる、梁の自由振動が発生するためである。又、梁を薄膜で形成する場合には、残留応力が発生する。片持ち梁の場合、残留応力により梁が変形する。しかも、残留応力は時間を経て緩和されるために、片持ち梁の変形状態が経時変化する。以上の理由で片持ち梁は安定性が悪い。又、片持ち梁の場合は、自由振動に起因して、信号応答性が悪くなる。従って、片持ち梁の安定性の確保が難しく、片持ち梁の固有振動数が低い為に、応答速度を速くすることが出来なかった。

【0003】ミラーを細いねじり棒で保持し、静電力によりミラーの向きを変え、光の反射方向を変えてスイッチするデバイスも既に公知であるが、その構造が複雑になり、歩留まりを高くすることが困難であるだけでなく、ミラーの保持が細いねじり棒による為に、その寿命を長くすることが出来なかった。回折格子を静電力で駆動して、光スイッチするデバイスも公知である（特許第2941952号、特許第3016871号、特表平10-510374号等の公報を参照）。然し、このような、回折格子を静電力で駆動して、光スイッチするデバイスは、使用する入射光の波長が制限されるという欠点があった。静電力により梁を湾曲させ、反射光の焦点を合わせて、スリットを通過させることで光スイッチするデバイスも公知である（特開2000-2842の公報を参照）。然し、このような、静電力により梁を湾曲させ、反射光の焦点を合わせて、スリットを通過させることで光スイッチするデバイスは、梁を湾曲する駆動電圧が高く、梁の湾曲の度合いが不安定になり易く信頼性が低くなっていた。従って、従来の入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置及びその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置は、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が複雑で応答も遅く、使用する入射光の波長が制限され、駆動電圧が高く作動が不安定で信頼性も低いと言う不具合が生じていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の入射光束の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置及びその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置は、入射光束の反射方向を変えて光変調を行う構造が複雑で応答も遅く、使用する入射光の波長が制限され、駆動電圧が高く作動が不安定で信頼性も低いと言う問題が発生していた。そこで本発明の課題は、このような問題点を解決するものである。即ち、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単に応

答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置及びその光変調装置の製造方法並びにその光変調装置を具備する画像形成装置及びその光変調装置を具備する画像投影表示装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の本発明は、入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置において、入射光を正反射する反射手段と、上記反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁と、上記薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と、上記基板電極と上記薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙と、上記空隙の底部に上記基板電極を形成した基板と、上記基板が保持して固定する上記薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部とからなる光変調装置であることを最も主要な特徴とする。請求項2の本発明は、請求項1に記載の光変調装置において、反射手段は、金属薄膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項3の本発明は、請求項1又は2に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、単結晶シリコン薄膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項4の本発明は、請求項1又は2に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、多結晶シリコン薄膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項5の本発明は、請求項1又は2に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、アモルファスシリコン薄膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項6の本発明は、請求項1又は2に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、窒化シリコン薄膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項7の本発明は、請求項1、2、3、4、5又は6に記載の光変調装置において、分割固定部は、薄膜両端固定梁のコナ部に形成した光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項8の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載の光変調装置において、分割固定部は、薄膜両端固定梁と滑らか形状部で接続する光変調装置であることを主要な特徴とする。

【0006】請求項9の本発明は、請求項8に記載の光変調装置において、滑らか形状部は、円弧の一部形状又は長円弧の一部形状からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項10の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は非平行である光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項11の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9又は10に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、基板電極の駆動電圧の

印加による静電力での変形時に、一部又は全部が基板上に形成された空隙の底部に当接する光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項12の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又は11に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁は、基板上の接触面の両方又はそれらの少なくとも一方は表面が疎水性である光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項13の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11又は12に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は、上記薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有する光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項14の本発明は、請求項13に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有する空隙は、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって対称的な形状である光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項15の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13又は14に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板は、直線形状部からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項16の本発明は、請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13又は14に記載の光変調装置において、薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板の一部又は全部は、凸形状部からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。

【0007】請求項17の本発明は、請求項1乃至16の何れか一項に記載の光変調装置において、基板は、単結晶シリコンからなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項18の本発明は、請求項1乃至16の何れか一項に記載の光変調装置において、基板は、光学ガラスからなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項19の本発明は、請求項18に記載の光変調装置において、基板電極は、透明導電膜からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項20の本発明は、請求項1乃至19の何れか一項に記載の光変調装置において、複数の光変調装置を1次元アレー形状に配列した光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項21の本発明は、請求項20に記載の光変調装置において、1次元アレー形状は、両端に基板電極と外部の信号とのコンタクト部分となる開口部からなる光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項22の本発明は、請求項1乃至19の何れか一項に記載の光変調装置において、複数の光変調装置を2次元アレー形状に配列した光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項23の本発明は、請求項22に記載の光変調装置において、2次元アレー形状は、基板電極3は、基板の層間絶縁膜を貫通して基板シリコンウエハー内で駆動信号ライ

ンと接続した光変調装置であることを主要な特徴とする。請求項 24 の本発明は、入射光の反射方向を変えて光変調を行う請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置の製造方法において、基板上に薄膜両端固定梁と基板電極が対応して形成される空隙を形成した後に、犠牲材料からなる犠牲材料層を形成して上記基板上を平坦化して、上記薄膜両端固定梁と分割固定部を形成後に、上記犠牲材料層を除去して光変調装置を製造する光変調装置の製造方法であることを最も主要な特徴とする。請求項 25 の本発明は、請求項 24 に記載の光変調装置の製造方法において、基板上に薄膜形成方法又は微細加工方法により薄膜両端固定梁と基板電極とが対向して形成される空隙を形成する空隙形成工程と、上記基板上の空隙の底部に基板電極の全部又は一部を形成する基板電極形成工程と、上記基板上の上記空隙に犠牲材料からなる犠牲材料層を形成した後に研磨して平坦化する犠牲材料層形成工程と、上記犠牲材料層上に薄膜両端固定梁と分割固定部を形成する薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程と、上記空隙内の上記犠牲材料層を除去する犠牲材料層除去工程と、上記基板電極の外部接続用の開口部を形成する開口部形成工程とからなる光変調装置の製造方法であることを主要な特徴とする。

【0008】請求項 26 の本発明は、電子写真プロセスで光書き込みを行なって画像を形成する画像形成装置において、回動可能に保持されて形成画像を担持する画像担持体と、上記画像担持体上に光書き込みを行なって潜像を形成する請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置からなる潜像形成手段と、上記潜像形成手段の上記光変調装置によって形成された潜像を顕像化してトナー画像を形成する現像手段と、上記現像手段で形成されたトナー画像を被転写体に転写する転写手段とからなる画像形成装置であることを最も主要な特徴とする。請求項 27 の本発明は、画像を投影して表示する画像投影表示装置において、画像投影データの入射光の反射方向を変えて光変調を行なって画像を投影して表示する請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置からなる光スイッチ手段と、上記光スイッチ手段の上記光変調装置が投影する画像を表示する投影スクリーンとからなる画像投影表示装置であることを最も主要な特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。図 1 と図 2 において、入射光の反射方向を変えて光変調を行う光変調装置 0 は、入射光を正反射する反射手段 1 と、上記反射手段 1 を側面（図面では上面）に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁 2 と、上記薄膜両端固定梁 2 の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極 3 と、上記基板電極 3 と上記薄膜両端固定梁 2 とが対応して形成される空隙 4 と、上記空隙 4 の底部に上記基板電極 3 を形成した基板 5 と、上記

基板 5 が保持して固定する上記薄膜両端固定梁 2 の固定部を分割した分割固定部 6 とからなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストである。上記薄膜両端固定梁 2 に作用する静電力は、上記空隙 4 を介して上記薄膜両端固定梁 2 に対向して形成された上記基板電極 3 を用い、上記薄膜両端固定梁 2 に形成した電極として兼用する金属薄膜からなる上記反射手段 1 間に駆動電圧を印加することにより、上記薄膜両端固定梁 2 を撓ませて発生させる。上記薄膜両端固定梁 2 は、単結晶シリコン薄膜、多結晶シリコン薄膜、アモルファスシリコン薄膜、又は、窒化シリコン薄膜で形成されている。単結晶シリコン薄膜で形成した上記薄膜両端固定梁 2 は、欠陥が少なく、寿命が長い。又、多結晶シリコン薄膜、又は、アモルファスシリコン薄膜で形成した上記薄膜両端固定梁 2 は、製造方法に CVD 等の手法を用いることが出来るので低コストである。又、窒化シリコン薄膜で形成した上記薄膜両端固定梁 2 は、窒化シリコン薄膜の引っ張り応力の作用により、スイッチングの応答速度を速めることが出来る。

【0010】上記薄膜両端固定梁 2 の表面に形成した入射光束を反射させる上記反射手段 1 としては、金属薄膜が一般的であるが、誘電体材料の多層膜により反射膜を形成してもよい。上記薄膜両端固定梁 2 には、静電力を発生させるもう一方の電極は、独立に形成しても良いが、入射光束を反射させる上記反射手段 1 が金属薄膜の場合には、上記反射手段 1 の金属薄膜を電極として兼用できる。上記薄膜両端固定梁 2 が単結晶、及び、多結晶シリコンで形成されている場合には、この単結晶シリコン、又は、多結晶シリコンを不純物により低抵抗化し、電極として作用させることも可能である。上記薄膜両端固定梁 2 は、両端の固定端がコーナで 2 つに分割された上記分割固定部 6 で上記基板 5 で保持され固定されている。上記基板 5 は、静電力を発生させる上記空隙 4 の全部もしくは一部が形成されて、光学ガラス、セラミックス、単結晶シリコン、金属など種々の材料を用いることが出来る。上記基板 5 を光学ガラスで形成すると、上記基板 5 の裏側から上記薄膜両端固定梁 2 の様子の観察が可能となり、上記光変調装置 0 の検査に有利である。上記基板 5 を単結晶シリコンで形成すると、上記基板 5 中に拡散方式で駆動電極を形成することが可能である。又、拡散方式を組み合わせ、配線マトリックスが形成でき、複雑多数な配線形成に有利である。更に、シリコン上記基板 5 中に上記薄膜両端固定梁 2 に電圧を印加する駆動回路の一部又は全部を形成する事も可能である。上記薄膜両端固定梁 2 を駆動する上記電極 3 は、Al、Cr、Ti、TiN 等の金属、又は、金属化合物の薄膜を用い、上記基板 5 上に形成された上記空隙 4 内に上記基板電極 3 の全部、又は、一部が形成される。上記基板

5を、光学ガラスで形成する場合、上記基板電極3に透明導電膜(ITO)を用いると上記薄膜両端固定梁2の様子が上記基板5の裏側からの観察が可能になり検査の時に有利である。又、上記基板5が単結晶シリコンの場合には、上記基板5のシリコン中に異なる導電型の不純物を拡散する方法により上記基板電極3を形成できる。上記基板5が金属など導電性材料の場合には、絶縁材料を介して上記基板電極3を形成する。

【0011】上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3が接触し短絡することを、保護膜3aが、防く作用をする。上記保護膜3aとしては、絶縁性材料が、中でも真空成膜法による酸化膜を用いるのが一般的である。上記保護膜3aには、上記基板電極3と外部信号とを接続する部分として一部に開口部9を形成することもある。上記保護膜3aの表面には、疎水性材料を形成する事により上記基板5上の上記保護膜3aの表面、又は、上記薄膜両端固定梁2の表面に吸着した水分子の架橋力により、上記薄膜両端固定梁2が上記保護膜3a等と固着してしまうことが防止され、疎水性材料としてはフッ素を含有する材料を用いることにより、信頼性の高い上記光変調装置0を提供することが出来るようになった。上記光変調装置0は、上記薄膜両端固定梁2の両端の固定部を分割した上記分割固定部6により、光をスイッチする上記薄膜両端固定梁2の両端を上記基板5が保持固定する、両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2になっている。上記光変調装置0の上記薄膜両端固定梁2は、片持ち梁に比べて、1. 安定性と、2. 応答速度の2点で優れている。まず、安定性は、片持ち梁は静電力が解放されて、片持ち梁の撓みが回復するときに振動する。これは、片持ち梁の一端のみが固定されていることによる、片持ち梁の自由振動が発生するためである。又、片持ち梁を薄膜で形成する場合には、残留応力が発生する。片持ち梁の場合、残留応力により片持ち梁が変形する。しかも、残留応力は時間を経て緩和されるために、片持ち梁の変形状態が経時変化する。以上の理由で片持ち梁は安定性が悪い。これに対して、両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2の場合には、上記薄膜両端固定梁2の両端の上記分割固定部6を、上記基板5に保持固定されて、拘束されているので、自由振動が発生し難い。又、残留応力があっても、上記薄膜両端固定梁2の位置は、両端の上記分割固定部6の拘束点で決められているので、上記薄膜両端固定梁2が変形する事も無く、また経時変化が少ない。次に、応答速度について、片持ち梁の場合は自由振動に起因して、信号応答性が悪くなる。両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2の場合には、自由振動の問題が無いので応答速度も速くなる。更に、上記光変調装置0における両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2は、両端の上記分割固定部6の固定端が複数に分割されている。これにより変形に要する電圧を低くすることができる。

【0012】等分布加重Pを受けた正方形で板厚hの両

端固定梁の最大たわみ量 $\omega_1$ は、

$$\omega_1 = 0.025 * Pa^4 / Eh^3$$

で表わされる。一方、固定条件を除いた同様な梁の最大たわみ量 $\omega_2$ は、

$$\omega_2 = 0.045 * Pa^4 / Eh^3$$

となり、約2倍の撓み量になる。上記光変調装置0における両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2の両端の上記分割固定部6の固定端が複数に分割されている撓み量は、上記 $\omega_1$ と $\omega_2$ との合成量になり、撓み量は増加するので、静電力が小さくて済み、結果として撓みに要する電圧は低くなる。上記分割固定部6の分割の方法は、種々可能であり、図示では2つに分割しているが、さらに多くの分割数に分割することも可能である。分割する場合には、上記薄膜両端固定梁2の両端のコーナー部を固定することにより、上記光変調装置0の動作を安定させることが可能である。上記薄膜両端固定梁2のコーナー部が上記分割固定部6でない場合には、静電力により上記薄膜両端固定梁2が変形するときに、上記薄膜両端固定梁2のコーナー部が多く変形するために斜めに變形して、入射光の反射方向が安定しない原因になる。然し、上記光変調装置0は、両端固定梁の上記薄膜両端固定梁2の両端の固定部を複数に分割する上記分割固定部6は、上記薄膜両端固定梁2のコーナー部を固定することで、入射光の反射方向を安定化させる。又、上記光変調装置0では、上記薄膜両端固定梁2の上記分割固定部6を複数に分割する場合に、上記分割固定部6と上記薄膜両端固定梁2との接続部が滑らか形状部7の滑らか外形で接続されている。これは接続部におい静電力による曲げ応力の集中を防ぐためである。応力を受ける上記薄膜両端固定梁2の外形が急激に変化する場合にその変化の一番大きな部分に応力が集中する。応力の集中により、作用している応力が破壊応力より小さい場合でも上記薄膜両端固定梁2が破壊する可能性が高くなる。上記光変調装置0は、分割した上記分割固定部6と上記薄膜両端固定梁2との接続部が上記滑らか形状部7により滑らか形状にすることにより、応力の集中を防ぎ、信頼性も向上している。上記滑らか形状部7の形状としては、図11に図示したような円弧の一部形状7a、又は、図12に図示したような長円弧の一部形状7bが望ましく、上記薄膜両端固定梁2と上記分割固定部6の接続部における応力の集中と破壊を確実に防ぎ信頼性も向上した上記光変調装置0を提供することが出来るようになった。

【0013】図3と図4において、上記薄膜両端固定梁2に静電力が作用していない時に、上記薄膜両端固定梁2は、両端の上記分割固定部6により上記基板5に保持固定されている。その時の、入射光束(R)は上記薄膜両端固定梁2の側面に組み合わせ構成された上記反射手段1の表面で正反射し、矢印で示されるように光束(R)は進行する(図3を参照)。この状態での入射光束(R)が反射した方向から眺めると、上記薄膜両端固定



梁2の側面に組み合わせ構成された上記反射手段1の表面で正反射により明るく、ON状態となる。上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3間に駆動電圧を印加し、上記薄膜両端固定梁2に静電力を作用させると、上記薄膜両端固定梁2は上記基板電極3側に引きつけられるように撓み、上記薄膜両端固定梁2の側面に組み合わせ構成された上記反射手段1の表面が撓むために、入射光束(R)は上記薄膜両端固定梁2の撓みの影響を受け、反射光の方向が乱れる(図4を参照)。この状態は、入射光束(R)の反射方向が乱れるために暗く、OFF状態となり、よって上記光変調装置0により光変調が行なわれる。

【0014】図5と図6において、上記薄膜両端固定梁2の下に形成されている上記空隙4が上記薄膜両端固定梁2に対して非平行に形成されている(図5を参照)。上記空隙4の薄膜両端固定梁2に対して非平行な形状は、上記薄膜両端固定梁2の変形に有する電圧を小さくするために有効である。上記薄膜両端固定梁2に作用する静電力は、上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3の間の距離の2乗に反比例する。即ち、上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3間の距離が短いほど作用する静電力が大きい。そのため、駆動電圧を印加すると、上記薄膜両端固定梁2は上記空隙4の狭い部分より変形を始める。又、上記薄膜両端固定梁2の変形により順次、上記空隙4が狭くなり、平行な場合よりも低い電圧で、上記薄膜両端固定梁2の変形が進行して、変形した上記薄膜両端固定梁2は上記空隙4の底部と接している(図6を参照)。このような変形状態にすることにより、変形した上記薄膜両端固定梁2の形状は、上記空隙4の形状により常に一定形状に定まり、入射光束(R)の反射方向も一定になる。

【0015】図7と図8において、上記薄膜両端固定梁2の下に形成されている上記空隙4が、上記薄膜両端固定梁2の中央部が最大空隙4aになっていて、上記空隙4を形成する上記基板5の上記空隙4部分の形状は、両端の各上記固定部6から、上記薄膜両端固定梁2の中央部に向かって概ね直線の各直線形状部5aで、各上記固定部6端からの形状が対称に形成されている。上記薄膜両端固定梁2の中央部に相当する部分が上記最大空隙4aになっている上記空隙4の形状では、同じ深さの上記空隙4の中では、入射光束に対する反射方向を一番大きく取れる形状である。この形状にすることで光の偏向角を大きくすることができ、反射光の広がりや押さえられ、クロストークの向上に有利な形状である。又、上記空隙4の形状が対称形状に形成されているので、入射光束の2つの反射光束も対称になるのでシステム設計が容易である。

【0016】図9と図10において、上記薄膜両端固定梁2の下に形成されている上記空隙4が、上記薄膜両端固定梁2の中央部が上記最大空隙4aになっていて、上

記空隙4を形成する上記基板5の上記空隙4部分の形状は、両端の各上記固定部6から、上記薄膜両端固定梁2の中央部に向かって概ね上記薄膜両端固定梁2側に凸形状の凸形状部5bで、各上記固定部6端からの形状が対象に形成されている。従って、上記薄膜両端固定梁2が、静電力により変形を開始するときに、上記空隙4が上記凸形状部5bにより上記薄膜両端固定梁2側に凸形状であるので、直線形状より上記基板電極3間距離が小さくなり、変形しやすくなる。よって、更に、上記薄膜両端固定梁2の駆動電圧の低電圧化が可能の上記変調装置0を提供することが出来るようになった。

【0017】図13において、上記光変調装置0は、1次元アレー形状0aに配列して、上記薄膜両端固定梁2を駆動する上記基板電極3と外部の図示しない駆動信号ラインとのコンタクト部分となる上記開口部9を、上記1次元アレー形状0aの両端に配置されているので、ライン状の光変調が可能でコンパクトな上記1次元アレー形状0aの上記光変調装置0を提供することが出来るようになった。図14と図15において、上記光変調装置0は、2次元アレー形状0bに配列して、上記基板電極3と上記空隙4は、上記基板5のシリコンウエハー5cに形成した層間絶縁膜5d中に形成されている。各々の上記薄膜両端固定梁2を駆動する上記基板電極3は、上記空隙4内に形成され、上記層間絶縁膜5dを貫通して上記基板シリコンウエハー5c内で図示しない駆動信号ラインと接続されようになっているので、平面状の光変調が可能となり、コンパクトな上記2次元アレー形状0bの上記光変調装置0を提供することが出来るようになった。

【0018】図16乃至27において、上記光変調装置0は、上記基板5上に上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3が対応して形成される上記空隙4を形成した後、犠牲材料からなる犠牲材料層8を形成して上記基板5上を平坦化して、上記薄膜両端固定梁2と分割固定部6を形成後に、上記犠牲材料層8を除去するように、上記基板5上に薄膜形成方法又は微細加工方法により上記薄膜両端固定梁2と上記基板電極3とが対向して形成される上記空隙4を形成する空隙形成工程(a)と、上記基板5上の上記空隙4の底部に上記基板電極3の全部、又は、一部を形成する基板電極形成工程(b)と、上記基板5上の上記空隙4に犠牲材料からなる上記犠牲材料層8を形成した後に研磨して平坦化する犠牲材料層形成工程(c)と、上記犠牲材料層8上に薄膜両端固定梁2と上記分割固定部6を形成する薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程(d)と、上記空隙4内の上記犠牲材料層8を除去する犠牲材料層除去工程eと、上記基板電極3の外部接続用の開口部9を形成する開口部形成工程(f)とで製造される。空隙形成工程(a)において、上記基板5は、酸化膜を形成したシリコン基板である。上記基板5にフォトリソグラフィ、及び、ドライ



エッチングの手法により上記空隙4を形成する。面積階調のパターンを形成したフォトマスク、あるいは、レジスト材料の熱変形手法などを用いれば非平行な上記空隙4を形成する事が出来る。上記空隙4は、幅 $20\mu\text{m}$ 、深さ $2.4\mu\text{m}$ に形成した(図16と図17を参照)。基板電極形成工程(b)において、上記空隙4中に上記基板電極3をTiNの薄膜で形成する。TiN薄膜は、Tiをターゲットとしたスパッタ法により厚さ $0.01\mu\text{m}$ に成膜した。TiN薄膜をフォトリソグラフィ、及び、ドライエッチングの手法により上記基板電極3として幅 $20\mu\text{m}$ に形成した。上記基板電極3の一部は外部と接続するために上記空隙4から上記基板5の表面にせり出ている(図18と図19を参照)。犠牲材料層形成工程(c)において、上記保護膜3aとしてプラズマCVDの手法で形成した酸化膜を上記基板電極3を覆うように上記基板5上に上記空隙4が埋まるまで成膜した。上記保護膜3aを研磨、あるいはドライエッチングのエッチバックの手法により平坦化した(図20と図21を参照)。

【0019】薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程(d)において、平坦化した上記保護膜3aの上に上記薄膜両端固定梁2の材料となる窒化シリコン膜を熱CVDの手法により厚さ $0.04\mu\text{m}$ で全面成膜した。次いで、入射光束の反射面となる上記反射手段1のA1薄膜を $0.15\mu\text{m}$ の厚さで窒化シリコン膜上にスパッタ法により形成した。フォトリソグラフィ、及び、ドライエッチングの手法により上記反射手段1の反射膜層も含んで窒化シリコンの膜を上記分割固定部6の2箇所に分割された接続部で固定された上記薄膜両端固定梁2の形状に形成する。上記薄膜両端固定梁2の寸法は、幅 $20\mu\text{m}$ 、長さ $27\mu\text{m}$ である。上記分割固定部6の分割された接続部は各々上記薄膜両端固定梁2のコーナー部に位置し、その寸法は幅 $5\mu\text{m}$ である(図22と図23を参照)。犠牲材料層除去工程(e)において、上記薄膜両端固定梁2を形成後に上記空隙4を平坦化していた上記保護膜3aをエッチングにより除去すると、上記薄膜両端固定梁2は両端の上記分割固定部6の2箇所に分割された接続部で上記基板5に固定されて上記空隙4を介して保持固定される(図24と図25を参照)。開口部形成工程(f)において、最後に上記保護膜3aに上記基板電極3の外部接続用の上記開口部9を形成して、上記光変調装置0が完成する(図26と図27を参照)。従って、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの上記光変調装置0を製造する光変調装置の製造方法を提供することが出来るようになった。

【0020】図28において、電子写真プロセスで光書き込みを行なって画像を形成する画像形成装置100

は、図示の矢印A方向に回動可能に保持されて形成画像を担持する画像担持体101のドラム形状の感光体と、帯電手段105で均一に帯電された上記画像担持体101のドラム形状の感光体上を上記光変調装置0からなる潜像形成手段102で光書き込みを行なって潜像を形成し、上記潜像形成手段102の上記光変調装置0によって形成された潜像を現像手段103で顕像化してトナー画像を形成し、上記現像手段103で形成されたトナー画像を転写手段104で被転写体(P)の転写用紙に転写して、被転写体(P)の転写用紙に転写されたトナー画像を定着手段106で定着した後に、被転写体(P)の転写用紙を排紙トレイ107に排紙して収納される。他方、トナー画像を上記転写手段104で被転写体(P)の転写用紙に転写した後の上記画像担持体101のドラム形状の感光体は、クリーニング手段108でクリーニングされて次工程の画像形成に備えるようになっている。上記潜像形成手段102は、光源102aからの入射光束(R)を、第1のレンズシステム102bを介して上記1次元アレー形状0aに複数個配置された上記光変調装置0に照射し、各々上記光変調装置0は画像情報に応じて、上記反射手段1を通じて入射光束(R)を第2のレンズシステム102cを通じて上記画像担持体101のドラム形状の感光体上の表面に結像させるようになっている。従って、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの上記光変調装置0を具備する上記画像形成装置100を提供することが出来るようになった。

【0021】図29において、画像を投影して表示する画像投影表示装置200は、投影画像データの入射光束(R)の反射方向を変えて光変調を行なって画像を投影する上記2次元アレー形状0bに複数個配置された上記光変調装置0からなる光スイッチ手段201の上記光変調装置0が画像を投影スクリーン202に投影して表示するようになっている。上記光スイッチ手段201は、光源201aからの入射光束(R)を上記2次元アレー形状0bに複数個配置された上記光変調装置0に照射され、上記光変調装置0の上記反射手段1のミラーにより反射し、投影レンズ201b、及び、絞り201cを介して上記投影スクリーン202に投影する。カラー表示を行うためには、上記光源201aの前に回転カラーホール201dを設けたり、又、性能向上のためにマイクロレンズアレー201eを用いることも出来る。従って、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光(R)の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの上記光変調装置0を具備する上記画像投影表示装置200を提供することが出来るようになった。

## 【0022】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、請求項1の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項2の発明によれば、入射光を正反射する金属薄膜からなる反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、反射手段が電極と兼用され、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項3の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する単結晶シリコン薄膜からなる薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、薄膜両端固定梁は欠陥が少なく寿命も長くなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0023】請求項4の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する多結晶シリコン薄膜からなる薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、薄膜両端固定梁は製造方法にCVD等の手法を用いることが出来るので低コストとなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工

程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項5の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形するアモルファスシリコン薄膜からなる薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、薄膜両端固定梁は製造方法にCVD等の手法を用いることが出来るので低コストとなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項6の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する窒化シリコン薄膜からなる薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、薄膜両端固定梁は窒化シリコン薄膜の引っ張り応力の作用によりスイッチングの応答速度が速くなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も更に速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0024】請求項7の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に分割固定部は薄膜両端固定梁のコーナ部に形成するようにしたので、入射光の反射方向が安定化して、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が更に安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項8の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に分割固定部は薄膜両端固定梁と滑らかな形状部で接続するようにしたので、分割固定部と薄膜両

端固定梁の接続部における応力の集中と破壊を防ぎ信頼性も向上し、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で更に信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 9 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に分割固定部は薄膜両端固定梁と滑らか形状部の円弧の一部形状又は長円弧の一部形状で接続するようにしたので、薄膜両端固定梁と分割固定部の接続部における応力の集中と破壊を確実に防ぎ信頼性も向上し、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で更に信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0025】請求項 10 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は非平行であるようにしたので、薄膜両端固定梁の変形に有する電圧を小さくなり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が更に低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 11 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁は基板電極の駆動電圧の印加による静電力での変形時に一部又は全部が基板上に形成された空隙の底部に当接するようにしたので、変形した薄膜両端固定梁の形状は空隙の形状により常に一定形状に定まり入射光束の反射方向も一定になり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が更に安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

た。

【0026】請求項 12 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁は基板上の接触面の両方又はそれらの少なくとも一方は表面が疎水性であるようにしたので、薄膜両端固定梁が保護膜等との固着が防止され、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も更に高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 13 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有するようにしたので、光の偏向角を大きくすることができクロストークの向上が有利となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 14 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁と基板電極とが対応して形成される空隙は薄膜両端固定梁の中央部において最大の空隙部を有して薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって対称的な形状にするようにしたので、光の偏向角を大きくすることができクロストークの向上が有利で入射光束の 2 つの反射光束も対称になるのでシステム設計が容易となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0027】請求項 15 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁

の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板は直線形状部からなるようにしたので、反射光の広がりが増えられクロストークの向上に有利となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 16 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に薄膜両端固定梁の両端の分割固定部から中央部に向かって順次増大する空隙の底部を形成する基板の一部又は全部は凸形状部からなるようにしたので、薄膜両端固定梁の駆動電圧の低電圧化が可能になり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が更に低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0028】請求項 17 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定すると共に基板は単結晶シリコンからなるようにしたので、配線マトリックスが形成でき複雑多数な配線形成に有利となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 18 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した光学ガラスからなる基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、基板の裏側から薄膜両端固定梁の様子の観察が可能となり検査の時に有利となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する

入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 19 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する透明導電膜からなる基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した光学ガラスからなる基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定するようにしたので、基板の裏側から薄膜両端固定梁の様子の観察が可能となり検査の時に更に有利となり、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく更に低コストの光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 20 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定する複数の光変調装置を 1 次元アレー形状に配列するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストのライン状の光変調が出来る光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0029】請求項 21 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定する複数の光変調装置を 1 次元アレー形状に配列すると共に 1 次元アレー形状は両端に基板電極と外部の信号とのコンタクト部分となる開口部からなるようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストのライン状の光変調が出来るコンパクトな光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 22 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定する複数

の光変調装置を２次元アレー形状に配列するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの平面状の光変調が出来る光変調装置を提供することが出来るようになった。請求項 23 の発明によれば、入射光を正反射する反射手段を側面に組み合わせ構成する薄膜で形成され両端が固定されて静電力で変形する薄膜両端固定梁の他方側面に対向して駆動電圧を印加する基板電極と薄膜両端固定梁とが対応して形成される空隙の底部に基板電極を形成した基板が薄膜両端固定梁の固定部を分割した分割固定部を保持して固定する複数の光変調装置を２次元アレー形状に配列すると共に２次元アレー形状の基板電極は基板の層間絶縁膜を貫通して基板シリコンウエハー内で駆動信号ラインと接続するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの平面状の光変調が出来るコンパクトな光変調装置を提供することが出来るようになった。

【0030】請求項 24 の発明によれば、基板上に薄膜両端固定梁と基板電極が対応して形成される空隙を形成した後に、犠牲材料からなる犠牲材料層を形成して基板上を平坦化して、薄膜両端固定梁と分割固定部を形成後に、犠牲材料層を除去して光変調装置を製造するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置の製造方法を提供することが出来るようになった。請求項 25 の発明によれば、基板上に薄膜両端固定梁と基板電極が対応して形成される空隙を形成した後に、犠牲材料からなる犠牲材料層を形成して基板上を平坦化して、薄膜両端固定梁と分割固定部を形成後に、犠牲材料層を除去するために、基板上に薄膜形成方法又は微細加工方法により薄膜両端固定梁と基板電極とが対向して形成される空隙を形成する空隙形成工程と、基板上の空隙の底部に基板電極の全部又は一部を形成する基板電極形成工程と、基板上の空隙に犠牲材料からなる犠牲材料層を形成した後に研磨して平坦化する犠牲材料層形成工程と、犠牲材料層上に薄膜両端固定梁と分割固定部を形成する薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程と、空隙内の犠牲材料層を除去する犠牲材料層除去工程と、基板電極の外部接続用の開口部を形成する開口部形成工程とからなる光変調装置を製造するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置の製造方法を提供することが出来るようになった。

った。

【0031】請求項 26 の発明によれば、回動可能に保持されて形成画像を担持する画像担持体上を光書き込みを行なって潜像を形成する請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置からなる潜像形成手段の光変調装置によって形成された潜像を顕像化してトナー画像を形成する現像手段で形成されたトナー画像を転写手段で被転写体に転写して画像を形成するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を具備する画像形成装置を提供することが出来るようになった。請求項 27 の発明によれば、画像投影データの入射光の反射方向を変えて光変調を行なって画像を投影して表示する上記請求項 1 乃至 23 の何れか一項に記載の光変調装置からなる光スイッチ手段の光変調装置が投影する画像を投影スクリーンに表示するようにしたので、入射光の反射方向を変えて光変調を行う構造が簡単で応答も速く、使用する入射光の波長が制限されることなく、駆動電圧が低く作動が安定で信頼性も高く、製造工程が少なく低コストの光変調装置を具備する画像投影表示装置を提供することが出来るようになった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態例を示す光変調装置を説明する説明図である。

【図 2】図 1 の平面図である。

【図 3】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の主要部の状態を説明する説明図である。

【図 4】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の主要部の他の状態を説明する説明図である。

【図 5】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置の主要部の状態を説明する説明図である。

【図 6】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置の主要部の他の状態を説明する説明図である。

【図 7】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置の主要部を説明する説明図である。

【図 8】図 7 の平面図である。

【図 9】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置を説明する説明図である。

【図 10】図 9 の平面図である。

【図 11】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置の主要部を説明する拡大説明図である。

【図 12】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置の主要部を説明する拡大説明図である。

【図 13】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置を説明する説明図である。

【図 14】本発明の他の実施の形態例を示す光変調装置を説明する説明図である。

【図 15】図 14 の平面図である。

【図 16】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 17】図 16 の平面図である。

【図 18】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の他の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 19】図 18 の平面図である。

【図 20】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の他の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 21】図 20 の平面図である。

【図 22】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の他の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 23】図 22 の平面図である。

【図 24】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の他の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 25】図 24 の平面図である。

【図 26】本発明の実施の形態例を示す光変調装置の製造方法の他の主要部の工程を説明する説明図である。

【図 27】図 26 の平面図である。

【図 28】本発明の実施の形態例を示す光変調装置を具備する画像形成装置を説明する説明図である。

【図 29】本発明の実施の形態例を示す光変調装置を具備する画像投影表示装置を説明する説明図である。

【符号の説明】

0 光変調装置、0 a 1次元アレー形状、0 b 1次元アレー形状

1 反射手段

2 薄膜両端固定梁

3 基板電極、3 a 保護膜

4 空隙、4 a 最大空隙部

\* 5 基板、5 a 直線形状部、5 b 凸形状部、5 c シリコンウエハー、5 d 層間絶縁膜

6 分割固定部

7 滑らか形状部、7 a 円弧の一部形状、7 b 長円弧の一部形状

8 犠牲材料層

9 開口部

100 画像形成装置

101 画像担持体

102 潜像形成手段、102 a 光源、102 b 第1のレンズシステム、102 c 第2のレンズシステム

103 現像手段

104 転写手段

105 帯電手段

106 定着手段

107 排紙トレイ

108 クリーニング手段

200 画像投影表示装置

201 光スイッチ手段、201 a 光源、201 b

20 投影レンズ、201 c 絞り、201 d 回転カラーホール、201 e マイクロレンズアレー

202 投影スクリーン

(a) 空隙形成工程

(b) 基板電極形成工程

(c) 犠牲材料層形成工程

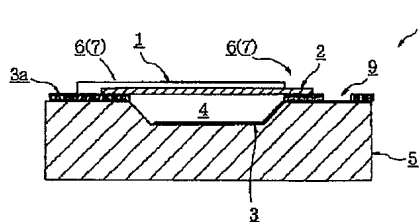
(d) 薄膜両端固定梁と分割固定部の成膜形成工程

(e) 犠牲材料層除去工程

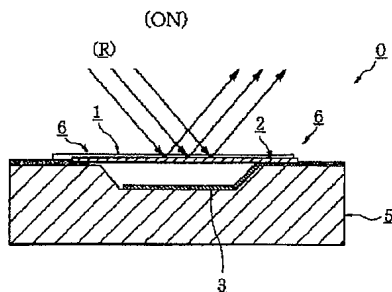
(f) 開口部形成工程

\*

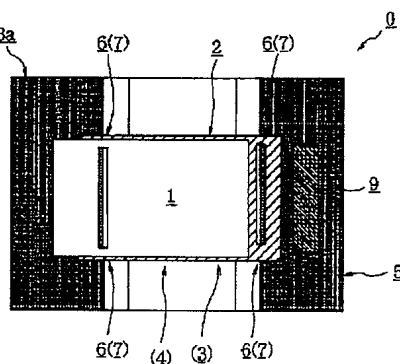
【図 1】



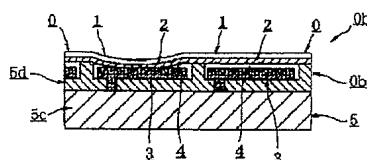
【図 3】



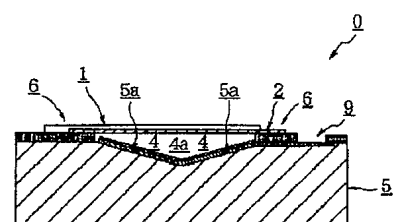
【図 2】



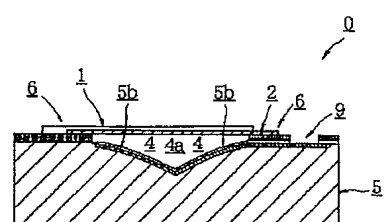
【図 14】



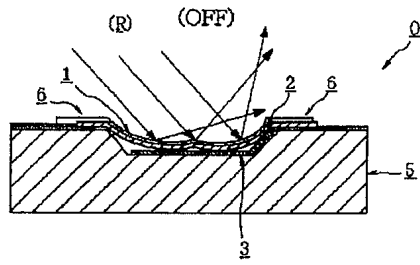
【図 7】



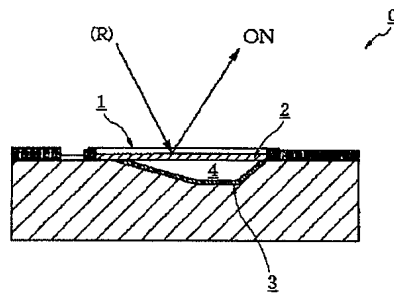
【図 9】



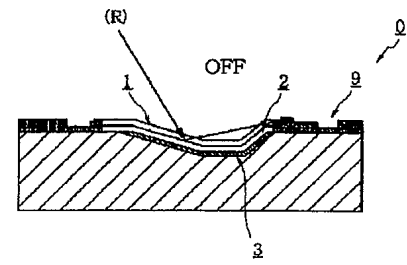
【図4】



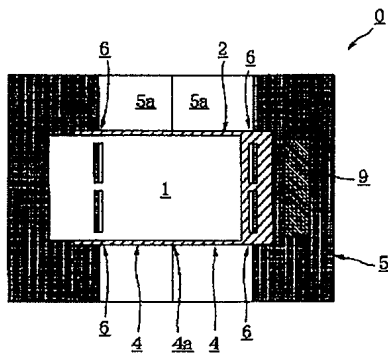
【図5】



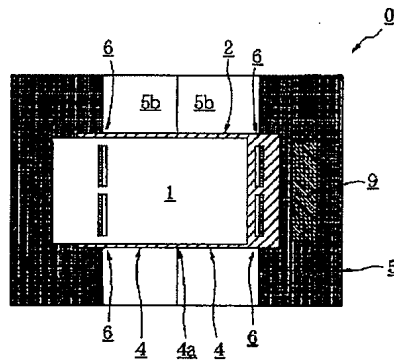
【図6】



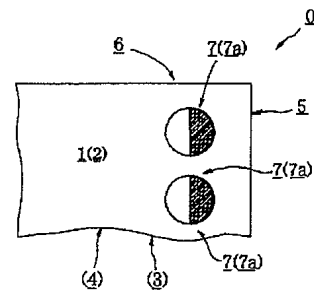
【図8】



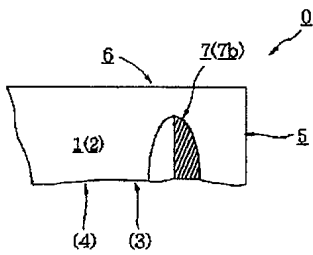
【図10】



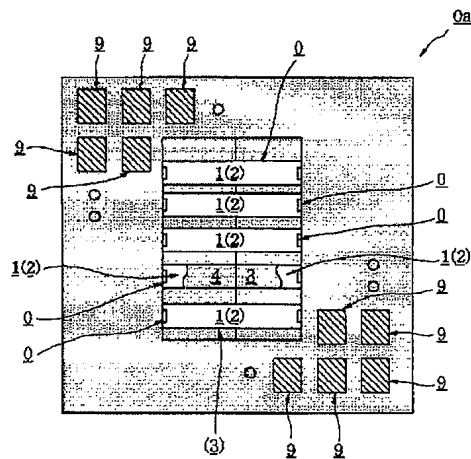
【図11】



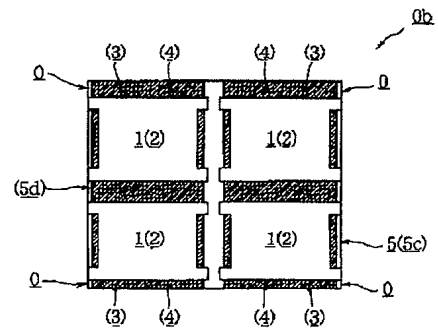
【図12】



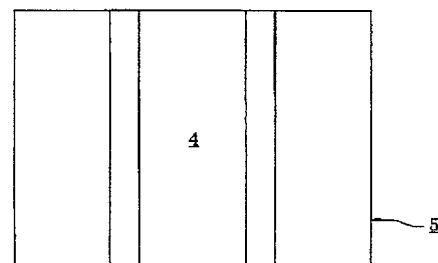
【図13】



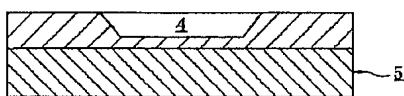
【図15】



【図17】



【図16】

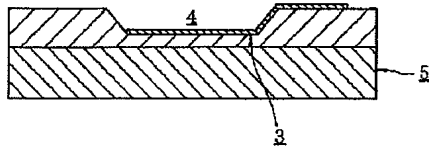


(a)

(a)

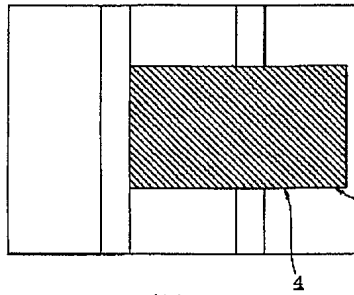


【図18】



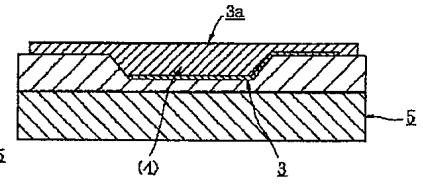
(b)

【図19】



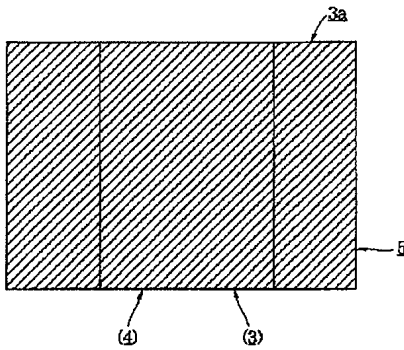
(b)

【図20】



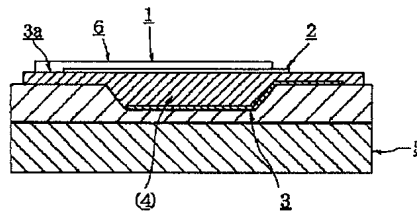
(c)

【図21】



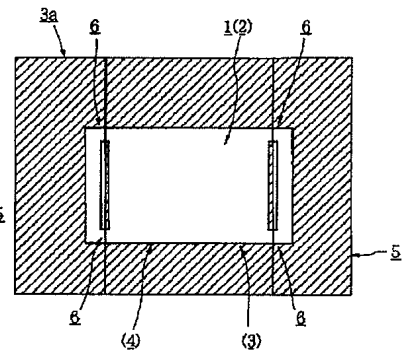
(c)

【図22】



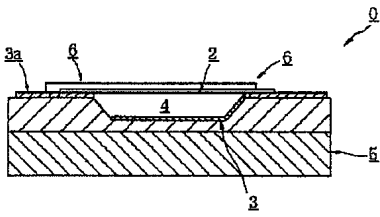
(d)

【図23】



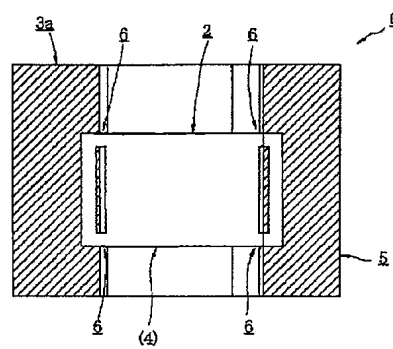
(d)

【図24】



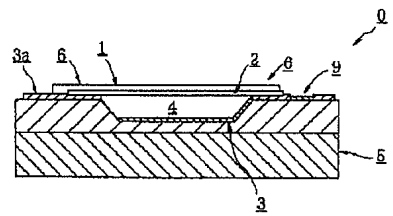
(e)

【図25】



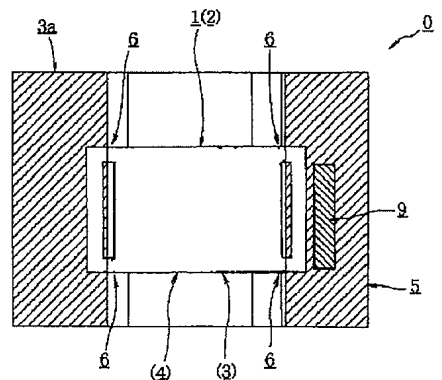
(e)

【図26】



(f)

【図27】



(f)

Diagram of a display device 200. The device includes a housing 201 containing several components: a light source 201a (represented by a trapezoidal shape), a lens 201b (represented by two horizontal arrows), a filter 201c (represented by two vertical rectangles), a polarizing plate 201d (represented by a diagonal rectangle with a cross-hatch pattern), and a liquid crystal layer 201e (represented by a rectangle with horizontal lines). An input device 1 is shown on the left, with a button labeled Q(cb). A light beam (R) is shown entering the device. The device is connected to a screen 202 on the right, which displays the output image.